



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.11.2001 Patentblatt 2001/48

(51) Int Cl.7: **H04R 23/00**

(21) Anmeldenummer: **01107224.6**

(22) Anmeldetag: **17.03.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Krump, Gerhard, Dr.**
94374 Schwarzach (DE)
- **Regl, Hans-Jürgen**
93049 Regensburg (DE)
- **Ziganki, Andreas**
40822 Mettmann (DE)

(30) Priorität: **23.05.2000 DE 10025460**

(71) Anmelder: **Harman Audio Electronic Systems
GmbH**
94315 Straubing (DE)

(74) Vertreter: **Schmuckermaier, Bernhard**
PAe Westphal, Mussnug & Partner,
Mozartstrasse 8
80336 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Bachmann, Wolfgang, dr.**
41516 Grevenbroich (DE)

(54) **Hochtonlautsprecher**

(57) Hochtonlautsprecher mit einer leichten, dünnen Sandwichplatte, die zu vielfach reflektierten Biege-
wellen anregbar ist, und einem mit der Sandwichplatte
in Schwingungsverbindung stehenden Treiber zum An-
regen der Sandwichplatte, bei dem der Treiber zur An-

regung bei höheren Schallfrequenzen und die Sand-
wichplatte zur dämpfungsarmen Ausbreitung von Bie-
gewellen ausgebildet ist. Die Sandwichplatte ist freitra-
gend und dämpfungsarm mittels Halterungselementen
gehalten, wobei die Halterungselemente dämpfungs-
arm bei höheren Schallfrequenzen ausgebildet sind.

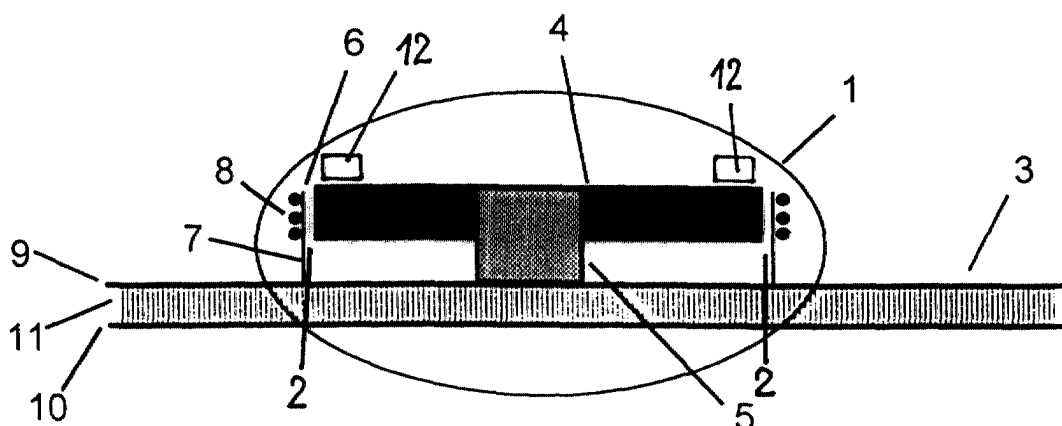


FIG 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hochtonlautsprecher mit einer leichten, dünnen Sandwichplatte, die zu vielfach reflektierten Biegewellen anregbar ist, und einen mit der Sandwichplatte in Schwingungsverbindung stehenden Treiber zum Anregen der Sandwichplatte.

[0002] Plattenlautsprecher sind in mehreren Varianten mit sehr verschiedenartiger Konstruktion und Strahlungscharakteristik bekannt. Ihnen ist lediglich gemeinsam, dass die schallabstrahlende Fläche (Membran) eben oder nur leicht gekrümmt ist, d. h. Krümmungsradien aufweist, die sehr viel grösser sind als die Membrandiagonale. Eine Form von Plattenlautsprechern wird beispielsweise durch Elektrostaten gebildet, die einen verteilten Hochspannungsantrieb, eine ebene metallisierte Folienmembran, eine Kolbenstrahlercharakteristik mit scharfer Bündelung im Mittel- und Hochtonbereich aufweisen. Eine andere Form sind sogenannte Magnetostaten mit einem verteilten elektrodynamischen Antrieb, ebener metallisierter Folienmembran sowie einer Kolbenstrahlercharakteristik bei scharfer Bündelung im Mittel- und Hochtonbereich. Absorberplatten weisen dagegen eine dünne, schwingungsgedämpfte, flächig gelagerte Folienmembran und einen zentral positionierten, elektrodynamischen Antrieb auf. Sie erlauben eine stark gedämpfte Biegewellenausbreitung ohne Randreflexion und sind daher resonanzfrei. Einen elektrodynamischen Antrieb weisen auch sogenannte Planare auf, die eine ebene, starre Platte als Membran und eine Kolbenstrahlercharakteristik mit scharfer Bündelung im Mitteltongebiet haben. Der Betriebsfrequenzbereich ist dabei unterhalb der ersten Biegeschwingsresonanz. Multiresonanzplatten schließlich haben ebenfalls einen elektrodynamischen Antrieb, eine ebene, leichte, biegesteife, freitragend gehaltene Platte als Membran. Sie weisen eine unregelmäßige Rundstrahlcharakteristik auf und haben einen Betriebsfrequenzbereich, welcher unterhalb bis weit oberhalb der ersten Biegeschwingsresonanz liegt. Die nach diesem Prinzip konstruierten Lautsprecher werden als "Multiresonanzplattenlautsprecher" (DML = Distributed Mode Loadspeaker) bezeichnet.

[0003] Die bei Konuslautsprechern gefürchteten Biegewellenresonanzen müssen bei Plattenlautsprechern nicht von vornherein als schädlich angesehen werden. Bei geeigneter Anregungs- und Einspanntechnik, Materialauswahl und Plattenstruktur können die Biegeschwingsresonanzen sogar den Hauptanteil des Klanggeschehens prägen und damit ein neuartiges, angenehmes Klangerlebnis liefern. Derartige Plattenlautsprecher sind beispielsweise aus der WO 97/09842 oder der EP 0 924 959 A2 bekannt.

[0004] Multiresonanzplattenlautsprecher haben für den Anwender den Reiz, dass anstelle von Boxen nur eine dünne Platte verwendet wird. Die Wiedergabe im Mitteltongebiet gilt dabei unbestritten als gut. Allerdings ist die Wiedergabe im höchsten Diskantbereich

oder gar darüber hinaus in dem von audiophilen HiFi-Liebhabern geforderten tiefen Ultraschallbereich (beispielsweise 20 kHz bis 50 kHz) problematisch. Aus diesem Grund ist ein Multiresonanzplattenlautsprecher für den Höchsttonbereich noch nicht auf dem Markt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Multiresonanzplattenlautsprecher anzugeben, der im Höchsttonbereich betrieben werden kann.

[0006] Die Aufgabe wird bei einem Hochtonlautsprecher der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0007] Im einzelnen sieht die Erfindung unter anderem vor, den Treiber so auszubilden, dass er für die Anregung bei höheren Schallfrequenzen geeignet ist. Die Sandwichplatte wird dabei zur dämpfungsarmen Ausbreitung von Biegewellen ausgelegt, wobei die Sandwichplatte freitragend und dämpfungsarm mittels Halterungselementen gehalten ist. Die Halterungselemente sind so ausgebildet, dass sie bei höheren Schallfrequenzen dämpfungsarm sind.

[0008] Wegen des extrem geringen Hubs im Mikrometerbereich in Kombination mit der kurzen Biegewellenlänge (z. B. 30 mm bei 20 kHz) kommen Treiber zum Einsatz, die für einen Einsatz im Mittel- und Tieftongebiet nicht geeignet sind und umgekehrt. Separate Treiberhalterungen werden dabei bevorzugt nicht eingesetzt. Ein derartiges Antriebssystem zeichnet sich dadurch aus, dass es mit gutem Wirkungsgrad die Sandwichplatte zu Biegeschwingsungen anregt.

[0009] Ein bevorzugter elektrodynamischer Ultrahochtontreiber besteht beispielsweise aus nur drei Teilen: Ein Teil wird durch eine radial polarisierte Magnetscheibe im Miniaturformat unter Verwendung eines Magnetwerkstoffes mit Seltenen Erden gebildet. Weiterhin ist ein Momentenlager vorgesehen, dass mit der Magnetscheibe und dem Paneel verklebt ist. Ebenfalls mit dem Paneel verklebt ist ein dritter, durch eine Schwingspule gebildeter Teil des Ultrahochtontreibers.

[0010] Entsprechend kann auch ein piezoelektrischer Ultrahochtontreiber aus nur drei Teilen aufgebaut werden. Hierzu ist ein Messingplättchen vorgesehen, das ein ein- oder zweiseitig aufgebrachtes, polarisiertes Piezokeramiksubstrat aufweist. Des Weiteren ist wiederum ein Momentenlager mit Piezoscheibe und Paneel verklebt. Ein Momentenring ist mit dem Paneel direkt verklebt. Dabei können der Momentenring und das Momentenlager auch ersetzt werden durch eine entsprechende Formgebung (beispielsweise durch Tiefziehen oder Prägen) des metallischen Trägerplättchens, so dass dann ein einteiliger piezoelektrischer Treiber entsteht.

[0011] Bevorzugt weist die Sandwichplatte zwei dünne, harte Deckblätter und eine dazwischenliegende, scherfeste, dünne Kernschicht auf. Die Kernschicht kann eine Wabenstruktur haben. Die Wabenstruktur bietet eine hohe mechanische Steifigkeit bei geringem

Gewicht. Des Weiteren kann die Kernschicht eine räumlich unterschiedliche Verteilung der elastomechanischen Eigenschaften aufweisen, was beispielsweise durch Verdünnungen und/oder Aussparungen in der Kernschicht und/oder der Deckschicht erreicht wird. Die Zonen können so dimensioniert und angeordnet sein, dass ein Grundmuster sich jeweils in verkleinertem Maßstab wiederholt und sich abermals in diesen kleineren Strukturen wiederholt.

[0012] Durch diese Maßnahmen wird für sich und insbesondere in Kombination miteinander die Scherfestigkeit der Sandwichplatte erhöht.

[0013] Die dünnen, harten Deckblätter können aus Metall oder Glas- oder Karbonfaser verstärktem Kunstharz bestehen. Bei Wabenmaterial wird zum Beispiel Aramid verwendet.

[0014] Die Kernschicht umfasst mindestens eine Folie, die durch Prägetechnik aufgebrachte periodisch sich wiederholende Ausbuchtungen wie beispielsweise Noppen, Pyramiden, Zylinder oder ähnlichem aufweist. Gestalt, Anordnung und Ausrichtung der Ausbuchtungen sind dabei so, dass eine maximale Schubsteifigkeit in alle Momentrichtungen erreicht wird. Bei einer Ausgestaltung der Erfindung sind alle Ausbuchtungen Noppen in Form einer vierseitigen Pyramiden mit quadratischem Grundriss. Die Noppen sind streng periodisch, dicht an dicht gleichsinnig ausgerichtet in geradlinigen Zeilen angeordnet, wobei alternierend jede zweite Zeile durchweg aus Noppen entgegengesetzter Ausrichtung besteht. Jede Zeile ist gegenüber den benachbarten Zeilen um eine halbe Noppe versetzt.

[0015] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Halterungselemente zum Aufsetzen oder Einlassen in größere Stützstrukturen geeignet sind. Die Halterungselemente sind beispielsweise einerseits durch sprödharte Klebung an der Sandwichplatte befestigt und andererseits mit der Stützstruktur verbunden. Dazu können die Halterungselemente Kanten aufweisen, wobei jeweils mindestens eine Kante in einer geeigneten Aussparung der Stützstruktur sprödhart verklebt ist. Dabei kann der Treiber an der Rückseite als Halterelement ausgebildet sein. Schliesslich kann als Stützstruktur die Plattenmembran eines Tief- und/oder Mittelhochtonplattenlautsprechers gebildet werden. Aber auch jede sonstige, feste Struktur kann als Halterung dienen wie beispielsweise das Gehäuse von Fernsehgeräten, die Innenverkleidung von Kraftfahrzeugen, Möbeltüren usw. Daneben bietet sich aber auch der Einsatz von Multiresonanzplattenhochtönern wegen ihrer überlegenen Abstrahlcharakteristik auch für den Einsatz in konventionellen Boxen an.

[0016] Wesentlich für die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Hochtöners sind die folgenden Eigenschaften der Sandwichplatte:

- a) Eine geringe Biegeschwingungsdämpfung in der Fläche und an den Kanten;
- b) die Biegegrundresonanz liegt vorzugsweise un-

terhalb des Betriebsfrequenzbandes;

c) die Biegewellenlänge ist klein gegenüber der Flächendiagonalen.

[0017] Diese Eigenschaften werden erfindungsgemäß durch eine extrem dünne und extrem leichte Sandwichplatte erzielt. Dabei kann etwa von einer dreischichtigen Sandwichplatte mit geringer Dicke ausgegangen werden. Eine Schicht wird dabei durch einen beispielsweise 2 mm dicken Wabenkern gebildet mit Deckblättern aus beispielsweise Metall oder glasseidenverstärktem Kunstharz. Auch die Flächendiagonale wird klein (z. B. 20 cm) gehalten.

[0018] Bei einer Weiterbildung kann dann eine Massenreduzierung durch zonenweise Verdünnungen oder Aussparungen erreicht werden. Dabei kann eine gleichmäßige Verteilung der Punktimpedanz auf der Plattenfläche erreicht werden, da bei realen Platten die Impedanz ortsabhängig ist. Die Aussparungsmuster auf der Multiresonanzplatte werden dazu so organisiert, dass ein Grundmuster sich in verkleinertem Maßstab wiederholt und in den wiederholten kleineren Strukturen wiederum nochmals verkleinerte Abbilder realisiert werden. Bei dieser Art der Anordnung handelt es sich um ein sogenanntes "fraktales" Muster.

[0019] Bei einer anderen Weiterbildung wird ein geringer Reflexionsverlust durch die Plattenhalterung erreicht, indem eine freitragende Stützung an ausgesuchten Punkten unter Aussparung der Randzone und des Plattenzentrums erfolgt. Als derartige Stützen kommen beispielsweise auch passend präparierte Treiber in Frage. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Halterungselemente sprödhart verklebt sind. Mit dieser Konstruktion wird auch eine tiefe Biegewellengrundresonanz von beispielsweise unter 500 Hz erreicht, wodurch eine sehr hohe Eigenfrequenzdichte im Nutzfrequenzbereich erzielt wird. Ausserdem liegt bei der erfindungsgemäßen Sandwichplatte die Biegewellengeschwindigkeit im Betriebsfrequenzband in der Größenordnung von 5000 m/s. Die Biegewellenlängen haben dann eine Größenordnung von ca. 3 cm und sind damit deutlich geringer als die Plattendiagonale von z. B. 20 cm.

[0020] Die extrem dünne, extrem leichte Kernschicht der Sandwichplatte kann beispielsweise durch eine Nomex-Wabe, einen Hartschaum oder durch eine dünne, mit Noppenmuster geprägte Metallfolie gebildet werden. Die Metallfolie mit Noppenmuster hat den Vorteil einer relativ unaufwendigen Herstellung.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 einen elektrodynamischen Treiber für einen erfindungsgemäßen Hochtönlautsprecher,

Figur 2 eine erste Ausführungsform eines piezoelektrischen Treibers für einen erfindungsgemäßen Hochtönlautsprecher,

- Figur 3 eine zweite Ausführungsform eines piezoelektrischen Treibers für einen erfindungsgemäßen Hochtonlautsprecher,
- Figur 4 eine erste Ausführungsform einer Halterung für einen erfindungsgemäßen Hochtonlautsprecher,
- Figur 5 eine zweite Ausführungsform einer Halterung für einen erfindungsgemäßen Hochtonlautsprecher,
- Figur 6 eine Ausführungsform eines formstabilen Noppenprofils und
- Figur 7 eine Ausführungsform eines fraktalen Musters.

[0022] Figur 1 zeigt einen elektrodynamischen Diskanttreiber 1 im Schnitt. Ein radial polarisierter ringförmiger Permanentmagnet 4 vom Seltene-Erde-Typ ist über eine zentral verklebte, zentral positionierte Koppelscheibe 5 an der Sandwichplatte 3 durch Klebung fixiert. Eine Schwingspule 6 mit einem Spulenträger 7 und einer Spulenwicklung 8 umgibt konzentrisch den Permanentmagneten 4, so dass sich ein Schwingspalt 2 bildet. Die Schwingspule 6 ist dabei direkt mit der Sandwichplatte 3 verklebt. Die Sandwichplatte 3 selbst besteht aus den harten Deckblättern 9, 10 und einem damit innig verbundenen, leichten, schubsteifen Kern 11, welcher zwischen den Deckblättern 9 und 10 angeordnet ist.

[0023] Die Anordnung ist zudem vorteilhafterweise um eine Halterung erweitert derart, dass die Rückseite des Permanentmagneten 4 mit einer Stützstruktur 12 versehen ist, die als Halterung für den gesamten Diskantplattenlautsprecher dient. Anstelle der Stützstruktur 12 kann auch eine andere Art von Halterung vorgesehen werden.

[0024] Figur 2 zeigt einen dreiteiligen piezoelektrischen Diskanttreiber in drei verschiedenen Ausgestaltungen 13, 14 und 15 im Querschnitt. Beim piezoelektrischen Diskanttreiber 13 ist auf ein metallisches Trägerplättchen 16 (einseitig oder beidseitig) ein radial polarisiertes piezokeramisches Substrat 17 aufgebracht, das so ausgebildet ist, dass es auf ein axial wirkendes elektrisches Feld mit radialer Kontraktion bzw. radialer Expansion reagiert. Das Trägerplättchen 16 wird von einer zentral angeordneten Koppelscheibe 19 und konzentrisch von einem Koppelring 18 getragen. Koppelscheibe 19 und Koppelring 18 sind mit dem Trägerplättchen 16 und mit einer Sandwichplatte 20 verklebt, welche ihrerseits aus einem hinteren Deckblatt 21, einem vorderen Deckblatt 22 und einem Sandwichkern 23 besteht.

[0025] Der Diskanttreiber 14 nach Figur 2 geht aus dem Diskanttreiber 13 dadurch hervor, dass ein zentral angeordneter Stützfuß 24 vorgesehen ist, der dazu dient, über den Diskanttreiber 14 den gesamten Dis-

kantlautsprecher zu halten. Entsprechend geht auch der Diskanttreiber 15 nach Figur 2 aus dem Diskanttreiber 13 hervor, in dem er als Stützelement einen Stützring 25 aufweist.

[0026] Ein einteiliger piezoelektrischer Diskanttreiber ist in Figur 2 in drei Ausführungsformen 26, 27 und 28 im Querschnitt dargestellt. Aus einem ursprünglich ebenen metallischen Trägerplättchen wird durch spannlose Formgebung ein äußerer Koppelring 30 aufgestülpt sowie ein zentraler Koppelnoppen 31 ausgebildet. Auf dieses geprägte Trägerplättchen 29 ist ein radial polarisiertes piezokeramisches Substrat 32 mit zentraler Aussparung 33 aufgebracht. Koppelring 30 und Koppelnoppen 31 des Trägerplättchens 29 sind dabei mit der Sandwichplatte 20 verklebt.

[0027] Der Diskanttreiber 27 unterscheidet sich von dem Diskanttreiber 26 durch einen zusätzlich angebrachten Stützring 35, der ebenfalls dazu dient, über den Diskanttreiber 27 den ganzen Diskantlautsprecher zu halten. Der Diskanttreiber 28 enthält entsprechend als Alternative zu dem Stützring 35 einen Stützfuß 34.

[0028] Figur 4 zeigt zwei erfindungsgemäße Diskantlautsprecher 37 und 38, die auf eine Membran 36 eines (wesentlich größeren) Mittel-/Tiefton-Plattenlautsprechers aufgesetzt sind. Der piezoelektrische Diskantlautsprecher 37 wird durch eine Membran 39 und einen piezoelektrischen Treiber 40 gebildet. Mit Hilfe des Stützrings 51 ist er in der Lage, die statische Last des Treibers 40 aufzunehmen. In gleicher Weise ist ein elektrodynamischer Diskantlautsprecher 38 bestehend aus einer Membran 39 und einem elektrodynamischen Treiber 41 durch einen Stützring 52 in der Lage, die statische Last des Treibers 41 aufzunehmen.

[0029] Eine andere Alternative ist in Figur 5 gezeigt, bei der zwei erfindungsgemäße Diskantlautsprecher 42 und 43 jeweils in die Membran 36 des Mittel-/Tiefton-Plattenlautsprechers eingelassen sind. Der piezoelektrische Diskantlautsprecher 42 mit Membran 44 und piezoelektrischem Treiber 47 ist in eine abgestufte Aussparung 45 der Mittel-/Tiefton-Membran 36 eingelassen.

[0030] Das in Figur 6 gezeigte formstabile Noppenprofil ist als Sandwichkern eines Diskant-Multiresonanzplattenlautsprechers verwendbar. Die matrixartige Anordnung besteht aus abwechselnden Zeilen gleichgerichteter Noppen 50 wie beispielsweise den Zeilen 47 mit zur Vorderseite (+) ausgestülpten Noppen 50 im Wechsel mit den Zeilen 48, die aus zur Hinterseite (-) herausragenden Noppen 49 bestehen. Wie in Figur 6 dargestellt ist, sind die Zeilen 47 und 48 gegeneinander um je eine halbe Noppe versetzt. Ohne diesen Versatz wäre der Sandwichkern in einer Krümmungsrichtung sehr weich. Durch den Versatz wird jedoch eine höhere Steifigkeit gegen Scherung in zwei Achsen parallel zu den Noppenkanten erreicht.

[0031] Figur 5 zeigt ein fraktales Muster 59 von (beispielsweise) rechteckförmig angelegten Strukturveränderungen in einem Sandwichpaneel 60 in Draufsicht auf die Membranfläche. Die ganze rechteckförmige Fläche

enthält ein fraktales Muster 51 in Form von beispielsweise rechteckförmigen Strukturveränderungen. Die ganze rechteckförmige Fläche enthält dabei als Form der strukturveränderten Zone ebenfalls ein Rechteck 53, das als zentrales Rechteck aus einer gleichmäßigen 3x3-Unterteilung der ursprünglichen Form entsteht. Die (gedachten) restlichen acht gleich großen Rechtecke enthalten wieder jeweils eine zentral positionierte rechteckige Strukturveränderung 54, die wiederum aus einer 3x3-Teilung entstanden ist. In einem weiteren entsprechenden Schritt entstehen dann in gleicher Weise noch kleinere Rechtecke 55.

[0032] Angepasst an die Größe der strukturveränderten Zonen 53, 54 und 55 können beispielsweise große 56, mittelgroße 57 oder kleine Treiber 58 eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

[0033]

- 1 Diskanttreiber
- 2 Schwingspalt
- 3 Sandwichplatte
- 4 Permanentmagnet
- 5 Koppelscheibe
- 6 Schwingspule
- 7 Spulenträger
- 8 Spulenwicklung
- 9 Deckblatt
- 10 Deckblatt
- 11 Sandwichkern
- 12 Stützring
- 13 Diskanttreiber
- 14 Diskanttreiber
- 15 Diskanttreiber
- 16 Trägerplättchen
- 17 piezokeramisches Substrat
- 18 Koppelring
- 19 Koppelscheibe
- 20 Sandwichplatte
- 21 hinteres Deckblatt
- 22 vorderes Deckblatt
- 23 Sandwichkern
- 24 Stützfuß
- 25 Stützring
- 26 Diskanttreiber
- 27 Diskanttreiber
- 28 Diskanttreiber
- 29 tiefgezogene Trägerscheibe
- 30 Koppelring
- 31 Koppelnoppen
- 32 piezokeramisches Substrat
- 33 Aussparung
- 34 Stützfuß
- 35 Stützring
- 36 Mittel-/Tiefton-Plattenlautsprecher
- 37 Diskantlautsprecher

- 38 Diskantlautsprecher
- 39 Sandwichplatte
- 40 Diskanttreiber
- 41 Diskanttreiber
- 5 42 Diskant-Plattenlautsprecher
- 43 Diskant-Plattenlautsprecher
- 44 Sandwichplatte
- 45 Aussparung
- 46 Treiber
- 10 47 Zeilen
- 48 Zeilen
- 49 Noppen
- 50 Noppen
- 51 Stützring
- 15 52 Stützring
- 53 strukturveränderte Zone (groß)
- 54 strukturveränderte Zone (mittel)
- 55 strukturveränderte Zone (klein)
- 56 Treiber (groß)
- 20 57 Treiber (mittelgroß)
- 58 Treiber (klein)
- 59 Fraktales Muster
- 60 Membran eines Multiresonanzplattenlautsprechers
- 25

Patentansprüche

1. Hochtוןlautsprecher mit
 - 30 einer leichten, freitragenden dünnen Sandwichplatte (3, 20, 39, 60), die zu vielfach reflektierten Biegewellen anregbar ist, und
 - mindestens einem mit der Sandwichplatte (3, 20, 39, 60) in Schwingungsverbindung stehenden Treiber (1, 13, 14, 15, 26, 27, 28, 40, 41) zum Anregen der Sandwichplatte (3, 20, 39, 60),
 - 35 **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - der Treiber (1, 13, 14, 15, 26, 27, 28, 40, 41) zur Anregung bei höheren Schallfrequenzen ausgebildet ist,
 - 40 die Sandwichplatte (3, 20, 39, 60) zur dämpfungsarmen Ausbreitung von Biegewellen ausgebildet ist,
 - die Sandwichplatte (3, 20, 39, 60) freitragend und dämpfungsarm mittels Halterungselementen (12, 24, 25, 34, 35) gehalten ist und
 - 45 die Halterungselemente (12, 24, 25, 34, 35) dämpfungsarm bei höheren Schallfrequenzen ausgebildet sind.
2. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sandwichplatte (3) zwei dünne, harte Deckblätter (9, 10) und eine dazwischen liegende, scherfeste, dünne Kernschicht (11) aufweist.
- 55 3. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernschicht (11) eine

Wabenstruktur aufweist.

4. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernschicht (11) eine räumlich unterschiedliche Verteilung der elastomechanischen Eigenschaften aufweist. 5
5. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Kernschicht und/oder den Deckschichten zonenweise Verdünnungen und/oder Aussparungen (53 bis 55) vorgesehen sind. 10
6. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zonen (53 bis 55) so dimensioniert und angeordnet sind, dass ein Grundmuster sich jeweils in verkleinertem Maßstab wiederholt und sich abermals in diesen kleineren Strukturen wiederholt. 15
20
7. Hochtוןlautsprecher nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kernschicht (29) eine Folie umfasst, die durch Präge-technik aufgebrachte periodisch sich wiederholende Ausbuchtungen (31) aufweist. 25
8. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gestalt, Anordnung und Ausrichtung der Ausbuchtungen derart ist, dass die maximale Schubsteifigkeit in alle Momentrichtungen erreicht wird. 30
9. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Ausbuchtungen Noppen (49, 50) in Form einer vierseitigen Pyramide mit quadratischem Grundriss vorgesehen sind und die Noppen (49, 50) streng periodisch, dicht an dicht und gleichsinnig ausgerichtet in geradlinigen Zeilen (47, 48) angeordnet sind, wobei alternierend jede zweite Zeile (48) durchweg aus Noppen entgegengesetzter Ausrichtung besteht und jede Zeile (47) gegenüber den benachbarten Zeilen (48) um eine halbe Noppe (49, 50) versetzt ist. 35
40
45
10. Hochtוןlautsprecher nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halterungselemente (12, 24, 25, 34, 35) zum Aufsetzen oder Einlassen in eine größere Stützstruktur (36) geeignet sind. 50
11. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halterungselemente einerseits durch sprödharte Klebung an der Sandwichplatte befestigt und andererseits mit der Stützstruktur verbunden sind. 55
12. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 10 oder 11,

dadurch gekennzeichnet, dass die Halterungselemente eine Berandung aufweisen und dass die Berandung in einer Aussparung der Stützstruktur sprödhart verklebt ist.

13. Hochtוןlautsprecher nach Anspruch 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treiber (40, 41, 46, 47) an der Rückseite als Halterelement ausgebildet ist.
14. Hochtוןlautsprecher nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stützstruktur (36) die Plattenmembran eines Tief- und/oder Mitteltonplattenlautsprechers vorgesehen ist.

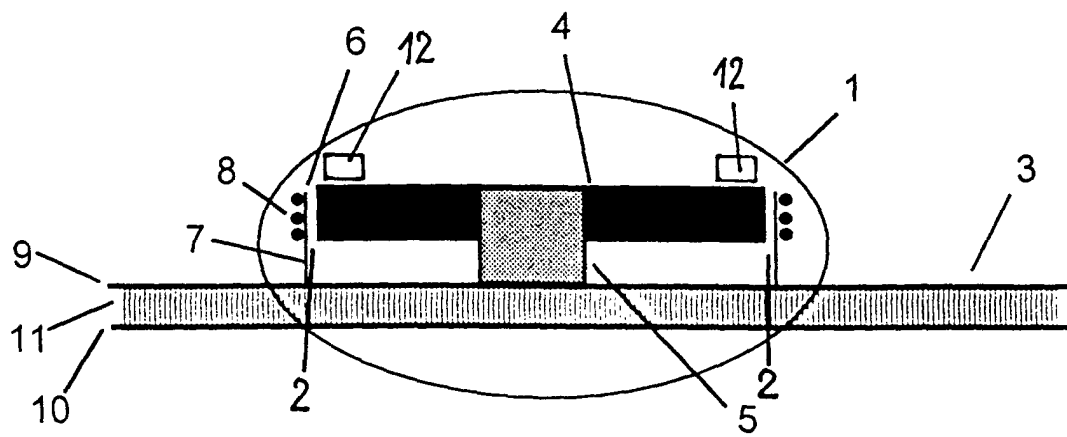


FIG 1

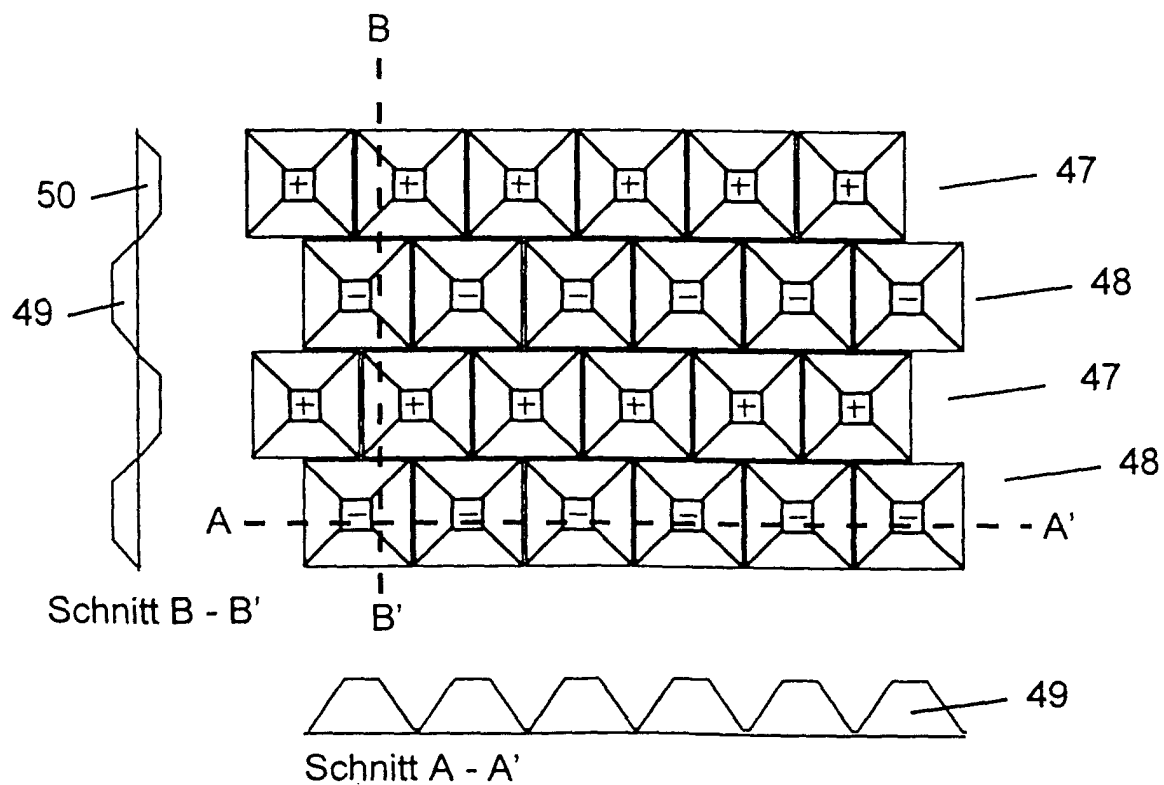
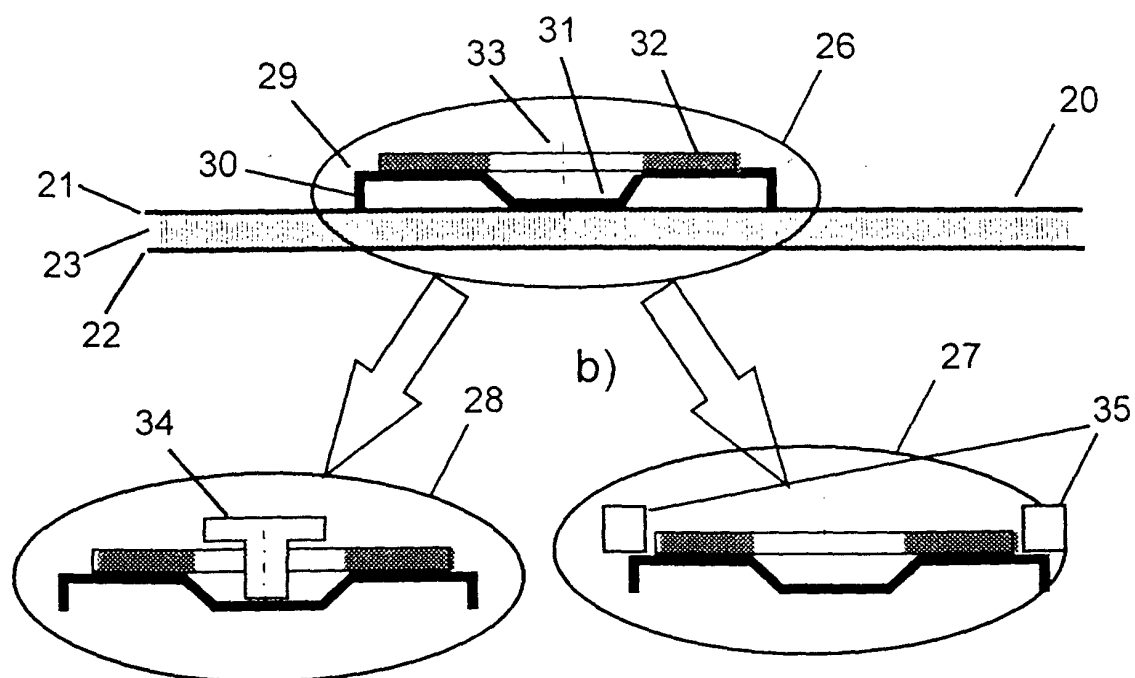
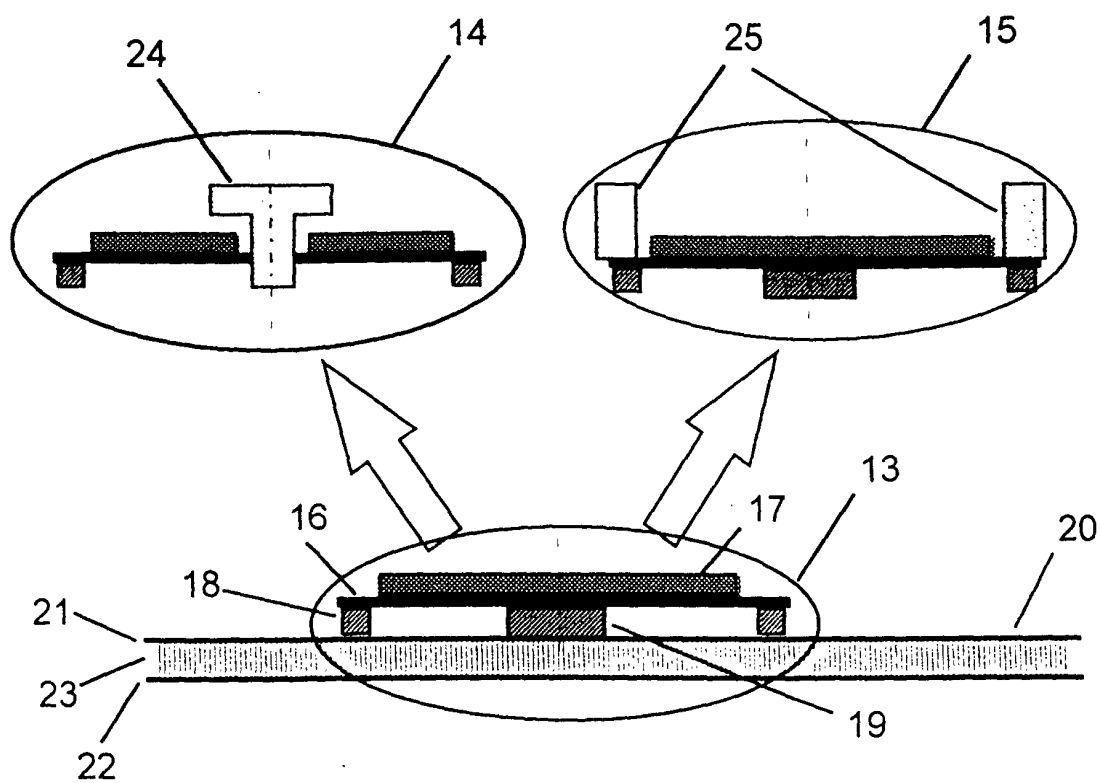


FIG 6



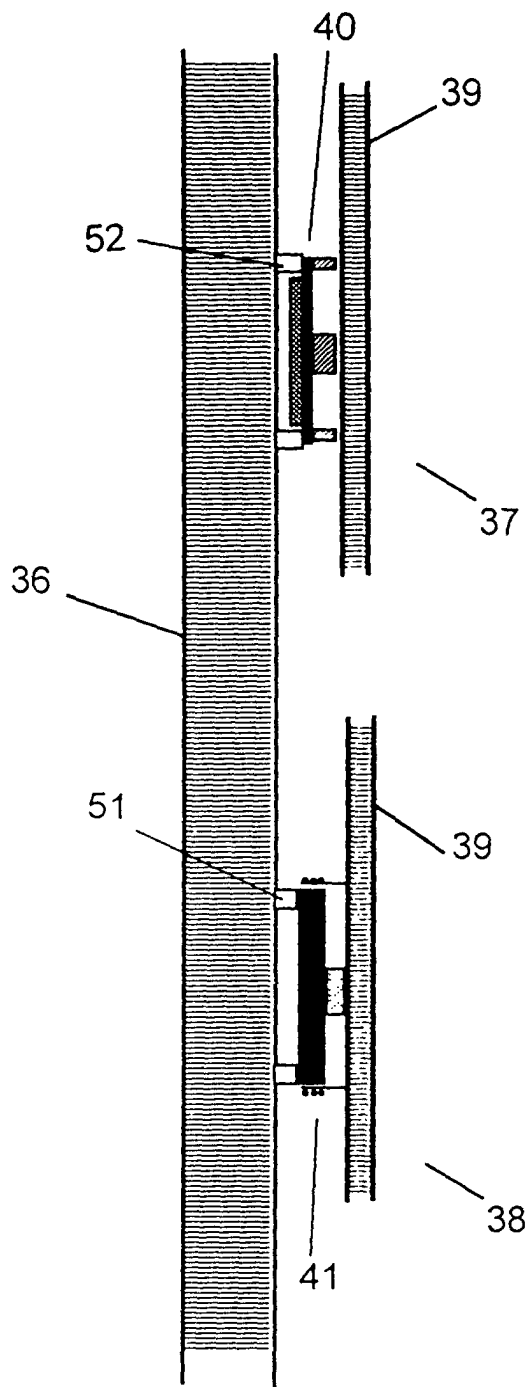


FIG 4

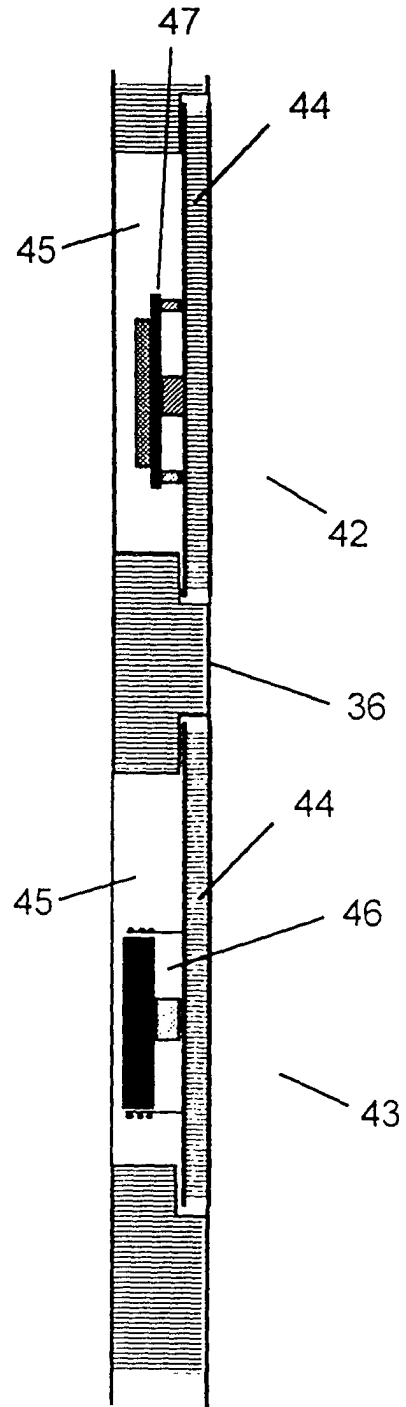


FIG 5

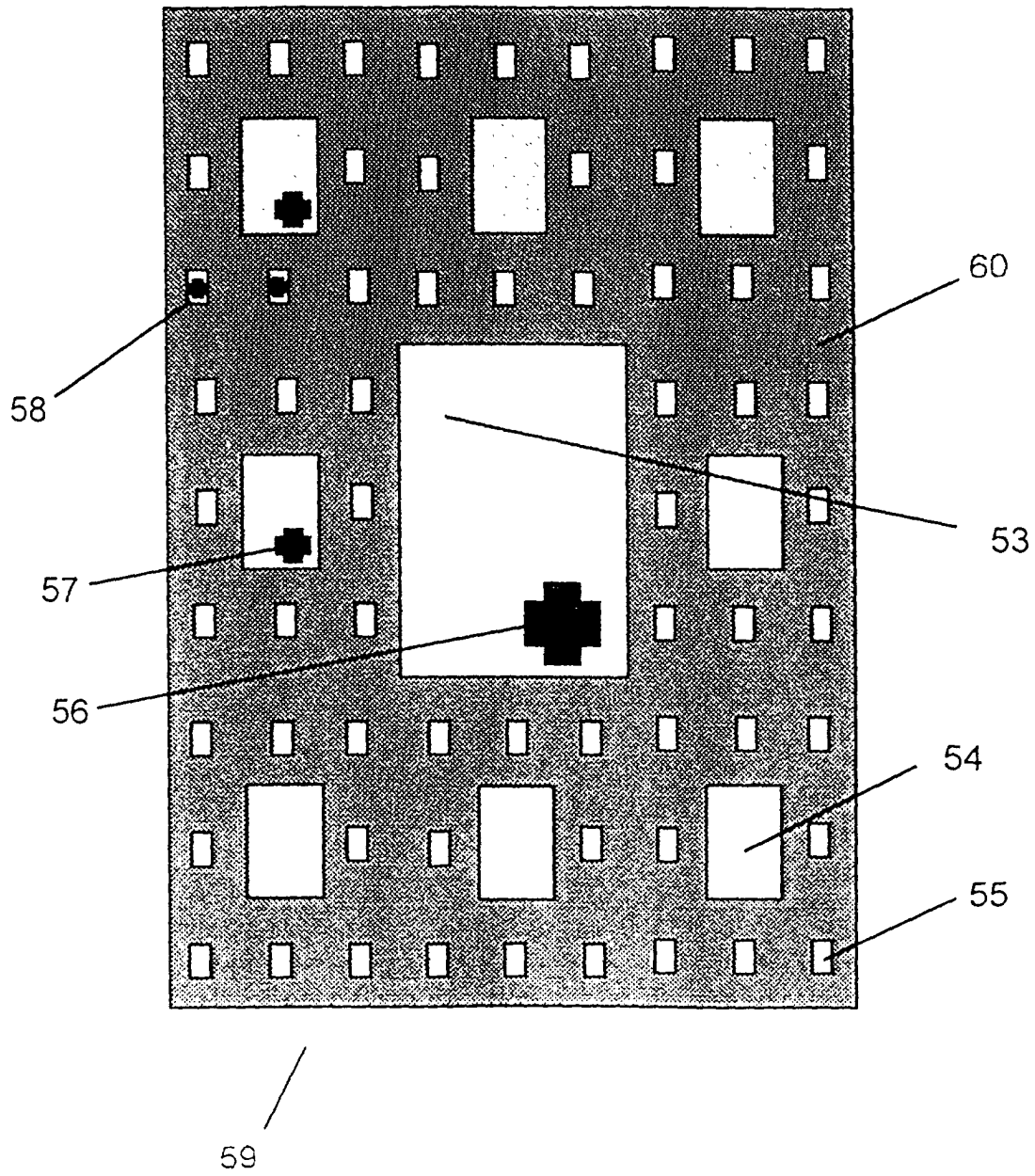


FIG 7